

**ANALISIS TAHANAN ISOLASI TRAFO DAYA BERDASARKAN PENGUJIAN
TEGANGAN TEMBUS MINYAK, TANGEN DELTA, DAN RASIO PEMBEBANAN
DI GARDU INDUK 150 KV BATANG**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**DIUSULKAN OLEH :
ILHAM ANSORI FATA
D400150034**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
TAHUN 2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS TAHANAN ISOLASI TRAFODAYA BERDASARKAN PENGUJIAN
TEGANGAN TEMBUS MINYAK, TANGEN DELTA, RASIO PEMBEBANAN
DI GARDU INDUK 150 KV BATANG.**

PUBLIKASI ILMIAH

OLEH :

ILHAM ANSORI FATA

D400150034

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Jatmiko, M.T

NIK : 622

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS TAHANAN ISOLASI TRAFO DAYA BERDASARKAN PENGUJIAN
TEGANGAN TEMBUS MINYAK, TANGEN DELTA, RASIO PEMBEBANAN
DI GARDU INDUK 150 KV BATANG.

OLEH :

ILHAM ANSORI FATA
D400150034

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 11 Mei 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Ir. Jatmiko, MT (Ketua Dewan Penguji) ()
2. Umar, ST.MT (Anggota I Dewan Penguji) ()
3. Aris Budiman, ST.MT (Anggota II Dewan Penguji) ()

Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
NIK 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 12 November 2019

Penulis



Ilham Ansori Fata

D400150034

ANALISIS TAHANAN ISOLASI TRAFODAYA BERDASARKAN PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK, TANGEN DELTA, RASIO PEMBEBANAN

Abstrak

Isolasi pada transformator daya adalah sebagai alat yang sangat penting dalam sistem transmisi dan distribusi listrik. Karena itu, perlunya pengawasan yang sangat ketat dalam pengoperasian isolasi tersebut. Hal itu perlu dilakukan karena faktor usia isolasi sangat menentukan baik dan buruknya fungsi transformator. Bahkan jeleknya kondisi isolasi transformator bisa menyebabkan gagalnya operasi dan kerusakan pada transformator.

Untuk mengetahui kualitas isolasi itu, maka dibutuhkan penelitian dengan studi literatur untuk mendalami materi berkaitan dengan judul penelitian dan pengambilan data di Gardu Induk. Data yang diperlukan adalah hasil pengujian indeks polarisasi, rasio tegangan, tangen delta, dan pengujian tegangan tembus minyak. Dengan dasar dari data yang sudah dikumpulkan lalu dilanjutkan dengan perhitungan dan dianalisis untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Nilai indeks polarisasi ground-primary menunjukkan masih dalam kondisi baik dengan nilai ground-primary 1,77 (standar baik antara 1,25 – 2,0). Sedangkan pengujian rasio tegangan diperoleh nilai rata-rata di bawah 0,7% (standar bagus). Pengujian tangen delta juga menunjukkan kondisi yang baik dengan nilai 0,204%. Untuk pengujian minyak dapat diperoleh rerata menunjukkan kondisi masih bagus yaitu minyak bawah 8,6 kV dan minyak OLTC 10,4 %.

Kata kunci ': pengujian tahanan isolasi, indeks polarisasi, rasio tegangan, tangen delta.

Abstract

Isolation of the power transformer is a very important tool in the electricity transmission and distribution system. Therefore, the need for very strict supervision in the operation of the isolation. This needs to be done because the age factor of isolation really determines the good and bad functions of the transformer. Even poor condition of transformer isolation can cause operation failure and damage to the transformer.

To find out the quality of the isolation, research is needed with a literature study to explore the material related to the research title and data collection at the substation. The data needed is the results of testing the polarization index, stress ratio, delta tangent, and testing for oil breakdown voltage. Based on the data that has been collected then proceed with calculations and analyzed to obtain better results. Ground-primary polarization index values indicate that they are still in good condition with a ground-primary value of 1.77 (good standards between 1.25 - 2.0). While testing the voltage ratio obtained an average value below 0.7% (good standard). Delta tangent testing also showed good conditions with a value of 0.204%. For oil testing, it can be obtained that the average condition is still good, namely oil below 8.6 kV and OLTC oil at 10.4%.

Keywords': insulation resistance testing, polarization index, voltage ratio, delta tangent.

1. PENDAHULUAN

Listrik kini sudah menjadi kebutuhan pokok untuk kehidupan manusia. Karena itu, wajar jika setiap negara membangun sumber tenaga listrik, baik dengan menggunakan tenaga

nuklir, uap, dan air. Bahkan Negara Indonesia dalam membangun negaranya juga terus membangun tenaga pembangkit listrik di berbagai tempat.

Di Negara Indonesia, kebutuhan listrik semakin meningkat baik untuk kebutuhan pribadi untuk keperluan rumah tangga maupun untuk keperluan umum antara lain untuk lampu penerangan jalan, dan lampu bangjo yang semakin meningkat dengan kemajuan infrastruktur di berbagai wilayah. Apalagi, sekarang ini, kebutuhan listrik sudah digunakan untuk menggerakkan mesin transportasi seperti kereta listrik. Untuk memenuhi banyaknya keperluan energi listrik itu, maka sistem tenaga listrik yang bagus sangat dibutuhkan, antara lain pentingnya trafo daya yang ada di berbagai gardu induk di wilayah Indonesia..

Transformator (trafo) daya menjadi alat yang penting dalam suatu sistem tenaga listrik, yakni dipergunakan untuk pemasok daya. Ada dua fungsi dari transformator itu, yakni menaikkan tegangan listrik (step up) pada sistem di mana tegangan keluarannya lebih tinggi dari tegangan masukan. Kemudian, menurunkan tegangan listrik (step down) pada sistem di mana tegangan keluarannya lebih rendah dari tegangan masukannya.

’Transformator berfungsi mentransformasikan besaran tegangan sistem dari yang tinggi ke besaran tegangan listrik yang lebih rendah sehingga dapat digunakan untuk peralatan proteksi dan pengukuran yang lebih aman, akurat dan teliti. Kemudian juga mengisolasi bagian primer yang tegangannya sangat tinggi dengan bagian sekunder yang tegangannya rendah untuk digunakan sebagai sistem proteksi dan pengukuran peralatan dibagian primer’’ (PT PLN Persero, 2014, hal 2)

Jika transformator itu rusak dan terputus, maka menyebabkan putusnya daya listrik ke pengguna. Karenanya, perawatan beserta pengujian harus dilaksanakan rutin agar fungsi transformator dapat berjalan baik dan beroperasi sesuai masa pemakaian secara maksimal.

Sistem isolasi merupakan bagian sangat penting dari transformator. Sistem isolasi itu berfungsi sebagai pemisah dua bagian yang bertegangan. Karena itu, usia bagi system isolasi itu sangat menentukan baik dan buruknya pengoperasian transformator. Biasanya, kondisi isolasi yang usianya sudah melebihi batas pengoperasiannya, bisa menyebabkan kegagalan operasi dan menimbulkan kerusakan pada transformator. Selain factor usia, ada beberapa factor yang bisa menjadikan kerusakan transformator seperti tegangan terlalu tinggi, kelembaban, suhu operasi yang tinggi atau kerusakan mekanis.

Untuk menghindari kerusakan trafo ketika beroperasi maka sangat diperlukan perawatan dengan melakukan pengujian untuk mengetahui masih baik atau buruknya kondisi trafo, sehingga gangguan bisa dihindari sebelum muncul kerusakan pada trafo.

Semua pabrikan transformator daya memberikan usia produk yang diantisipasi dalam massa tertentu. Beberapa transformator daya mungkin gagal lebih awal dari umur yang ditentukan, sementara beberapa transformator lain mungkin melewati batas usia yang disarankan dan masih dalam status bekerja. Tetapi transformator yang berada dalam kondisi kerja setelah mencapai usia yang diharapkan atau mendekati masa yang ditentukan, biasanya membutuhkan lebih banyak perawatan dan tindakan pencegahan. Untuk ini, beberapa tes penting lebih sering dilakukan secara rutin untuk menentukan status kesehatan (kenormalan). Tes-tes ini meliputi penentuan tingkat kelembaban dalam isolasi kertas, tingkat kelembaban dalam isolasi minyak, *break down voltage* (BDV), titik nyala, keasaman, pengukuran tan delta (faktor disipasi) dan IFT dll. Serta mengadopsi rekomendasi dan tindakan pencegahan untuk menghindari kesalahan besar. (Shrikant et al., 2015).

Adapun metode pengujian dalam menentukan kualitas dari isolasi dapat dilakukan antara lain dengan pengujian tahanan isolasi belitan, ratio tegangan, tangen delta (faktor disipasi), dan pengujian minyak BDV (*break down voltage*). Untuk pengujian tangen delta ada beberapa mode pengujian yaitu *grounded specimen test* (GST), *ungrounded specimen test* (UST), *grounded specimen test with guard* (GSTg) (PT. PLN Persero, 2006 dalam Tahun 2017)

Dalam penelitian kali ini, peneliti menguji ketahanan isolasi trafo daya di Gardu Induk Batang. Di Gardu Induk itu, penulis ingin tahu kondisi isolasi trafo itu yang saat ini masih dioperasikan..

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Studi literature yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara mencari referensi buku dan jurnal dari berbagai perguruan tinggi yang ada hubungannya dengan analisa tahanan isolasi pada transformator Garduk Induk 150 KV.

2.2 Pengumpulan Data

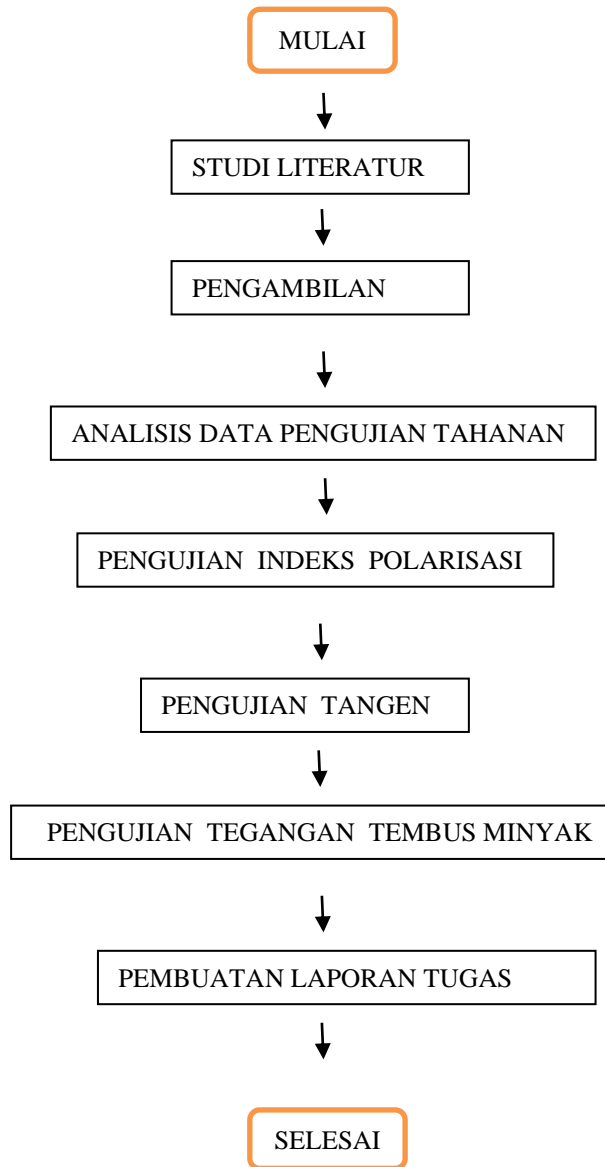
Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat indeks polarisasi, pengujian tangen delta, dan pengujian minyak yang ada hubungannya dengan tahanan isolasi pada transformator di Gardu Induk 150 KV Batang.

2.3 Analisis Data

Setelah mengambil data di Gardu Induk 150 KV Batang dilakukan, selanjutnya data dikumpulkan dan dianalisis serta dilakukan pengujian indeks polarisasi, pengujian

tangen delta dan pengujian tegangan tembus. Kemudian barulah dilanjutkan dengan menyusun laporan.

2.4 Flowchart Penelitian



3. HASIL PEMBAHASAN

Pembahasan tentang tahanan isolasi dilakukan dengan beberapa pengujian yakni tahanan isolasi, indeks polarisasi, pengujian tangen delta, dan pengujian minyak yang terdapat pada trafo di Gardu Induk 150 KV Batang

3.1. Analisis Tahanan Isolasi pada Transformator

Pengujian tahanan isolasi transformator belitan mengacu indeks polarisasi dengan dihitung berdasar hasil uji resistansi insulasi (Marques et al., 2017). Pengujiannya menurut Hargi (2017), menggunakan megger (Mega Ohm Meter) yang dilakukan dengan memberi tegangan DC

dan merepresentasikan kondisi isolasi menggunakan satuan Mega Ohm. Kemudian, dilakukan pengujian untuk indeks polarisasi adalah dengan memberikn tegangan DC dan membandingkan ketika pengukuran pada menit ke-1 serta pada menit ke-10

3.2. Data Perhitungan Hasil Uji Tahanan Isolasi

3.2.1 Spesifikasi Transformator

Tabel 1. Spesifikasi Transformator GI Batang

MERK	UNINDO	CIRCUIT DESIGNATION	BAY TRAF0 2
<i>Yr. Manufactured</i>	2011	<i>Configuration</i>	Y-Y-D
<i>VA Rating</i>	20 MVA	<i>Oil volume</i>	14000 kg
KV VOLTAGE	150, 22,	CLASS	ONAN/ONAF
<i>Serial Number</i>	9415162	<i>Impedansi</i>	12,24%

3.2.2 Indeks Polarisasi

Tabel 2. Data uji indeks polarisasi transformator di GI Batang

No	AKTIVITAS	Hasil Uji 2015		
		MENIT 1	Menit 10	IP
1.	<i>Primary – Ground</i>	1250	2220	1,77
	<i>Sekundary-Ground</i>	891	2060	2,24
	<i>Tertier-Ground</i>	956	2170	2,26
	<i>Primary-Sekundary</i>	1400	2500	2,4
	<i>Primary-Tertier</i>	1150	2630	2,28
	<i>Sekundary-Tertier</i>	939	2430	2,58
	<i>Primary & Sekundary-Tertier</i>	809	2300	2,84
	<i>Primary & Sekundary- tanah</i>	1060	1790	1,68
2.	Tahanan Pentanahan	1 Ω		

Perhitungan indeks polarisasi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \dots\dots\dots[1]$$

Keterangan :

- IP : Indeks Polarisasi
- R1 : Pengujian menit pertama
- R10 : Pengujian menit ke-10

Perhitungan indeks polarisasi *primary-ground* sesuai data pada tabel 3 GI Batang:

$$IP = \frac{2,220}{1,250}$$

$$IP = 1,776$$

Dari perhitungan itu, indeks polarisasi transformator diperoleh angka 1,776 yang berarti trafo masih dalam kondisi Baik. Adapun standar polarisasi trafo itu adalah terdapat dalam tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Standar Indeks polarisasi transformator

HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
Kurang dari 1,0	Berbahaya
1,0 – 1,1	Jelek
1,1 – 1,25	Dipertanyakan (Pengujian Tangen Delta dan Kadar Minyak)
1,25 – 2,0	Baik
Lebih dari 2,0	Sangat Baik

3.2.3 Rasio Tegangan

Tabel 4. Data Uji Rasio Tegangan di Gardu Induk Batang

POSISI TAP	TEG NAME PLATE (V)		RATIO NAME PLATE	HASIL PENGUKURAN					
	PRIMER	SEKUNDER		RASIO (K)			DEVIASI (%)		
				R	S	T	R	S	T
1	164750	22000	75,341	75,612	75,424	75,458	0,09	0,10	0,16
2	163400	22000	74,318	74,590	74,289	74,480	0,10	0,10	0,15
3	161350	22000	73,295	73,468	73,272	73,427	0,10	0,11	0,17
4	158000	22000	72,273	72,343	72,448	72,379	0,10	0,10	0,16
5	157750	22000	71,250	71,329	71,226	71,361	0,10	0,11	0,16
6	153500	22000	70,227	70,288	70,199	70,323	0,10	0,10	0,15
7	152150	22000	69,205	69,178	69,381	69,321	0,11	0,11	0,17
8	150500	22000	68,182	68,352	68,343	68,192	0,10	0,10	0,16
9	147650	22000	67,159	67,324	67,327	66,348	0,10	0,10	0,16
10	145300	22000	66,136	66,213	66,236	66,248	0,10	0,11	0,17
11	143250	22000	65,114	65,272	65,372	65,224	0,09	0,09	0,15
12	140000	22000	64,091	64,251	64,258	64,289	0,09	0,10	0,15
13	138650	22000	63,068	63,324	63,028	63,050	0,09	0,10	0,14
14	136500	22000	62,045	62,120	62,209	62,112	0,10	0,10	0,16
15	135350	22000	61,023	61,279	61,083	61,028	0,09	0,11	0,17
16	132200	22000	60,000	60,182	60,183	60,225	0,14	0,14	0,21
17	129750	22000	58,977	59,046	59,153	59,202	0,14	0,14	0,17
18	127500	22000	57,955	58,132	58,031	58,182	0,14	0,13	0,21

Persamaan rumus dasar tansformator yaitu :

$$\frac{E1}{E2} = \frac{N1}{N2} = K \dots\dots\dots[2]$$

Keterangan :

N2 : Banyaknya belitan sisi sekunder

N1 : Banyaknya belitan sisi primer

E1 : Tegangan pada sisi primer

E2 : Tegangan pada sisi sekunder

K : Konstanta (rasio transformator)

Adapun penghitungan deviasi dengan menggunakan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{DIFF} = \frac{K - K_{\text{nameplate}}}{K_{\text{nameplate}}} \times 100\% \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan :

DIFF = Deviasi (%)

K = Konstanta (rasio transformator)

$K_{\text{name plate}}$ = *Ratio Name Plate*

Kemudian penghitungan rasio transformator pada Gardu Induk Batang saat posisi tap 1 yaitu :

$$\begin{aligned} K_{\text{name plate}} &= \frac{164750}{22000} \\ &= 7,4886 \end{aligned}$$

Menghitung deviasi (%)

$$\begin{aligned} R &= \frac{75612 - 74886}{74886} \times 100\% \\ &= 0,9\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{75424 - 74886}{74886} \times 100\% \\ &= 0,7\% \end{aligned}$$

$$T = \frac{75458-74886}{74886} \times 100\%$$

$$= 0,7\%$$

Nilai standar deviasi perbandingan rasio tegangan yang diijinkan menurut IEC (1976) yaitu kurang dari 0,5% dari rasio tegangan *name plate*.

3.2.4 Pengujian Tangen Delta

Tabel 5. Data Pengujian Tangen Delta

PENGUKU- RAN	TEST kV	mA	WATT S	PF (%)	Corr Fctr	CAP (pF)
CH+CHL	10.000	36.355	0,7443	0,01	0,760	11.579,45
CH	10.000	10.738	0,3282	0,03	0,760	3.417,79
CHL(UST)	10.000	25.595	0,3997	0,02	0,760	8.182,72
CHL	10.000	25.618	0,416		0,760	8.161,65
CL+CLT	10.000	55.704	1,2365	0,02	0,760	17.765,01
CL	10.000	55.449	1,2363	0,01	0,760	17.683,44
CLT(UST)	10.000	0.319	0,0045	0,02	0,760	101,57
CLT	10.000	0.255	0,000		0,760	81,57
CT + CHT	10.000	52.026	0,7343	0,02	0,760	16.566,27
CT	10.000	4.472	0,0352	0,02	0,760	1.428,71
CHT (UST)	10.000	47.596	0,6891	0,02	0,760	15.170,83
CHT	10.000	47.555	0,699			15.137,57

Keterangan :

CH : Capacitance High

CHL : Capacitance High Low

CL : Capacitance Low

CT : Capacitance Tersier

CHT : Capacitance High Tersier

CLT : Capacitance Low Tersier

Adapun pengujian tange delta dilakukan dengan menggunakan beberapa macam pengukuran yaitu :

UST : Ungrounded Specimen Test (Uji tidak diketanahkan)

GST : Grounded Specimen Test (Uji diketanahkan)

GSTg : Grounded Specimen Test with guard (uji terhadap guard)

Perhitungan tange delta menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{V^2}{Z} \dots\dots\dots [4]$$

$$Z = \frac{V^2}{S}$$

Adapun Xc rumusnya sebagai berikut:

$$Xc = \frac{V^2}{Q} \dots\dots\dots [5]$$

$$Xc = \frac{1}{\omega C}$$

Di mana rumus Xc menjadi :

$$Q = \frac{V^2}{Xc}$$

$$Q = \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}}$$

$$Q = V^2 \omega C$$

Jadi rumus tangen delta adalah sebagai berikut

$$\tan \delta = \frac{P}{V^2 \omega C} \dots\dots\dots [6]$$

$$\tan \delta = \frac{P}{V^2 \omega C}$$

Keterangan :

δ : Delta

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

C : Capacitance (F)

ω : $2 \pi f$

Jadi dalam perhitungan pada tabel 4 untuk CH + CHL yaitu :

$$P = 0,7443 \text{ Watt}$$

$$V = 10.000 \text{ Volt}$$

$$C = 11.579,45 \text{ pF} = 11.579,45 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\omega = 2 \times 3,14 \times 50$$

$$\tan \delta = \frac{0,7443}{10.000^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 11.579,45 \times 10^{-12}} \times 100\%$$

$$= 0,204 \%$$

Jadi hasil uji tangen delta sesuai dengan literatur Doble (Buku 0 dan M Trafo) hasilnya dalam kondisi bagus. Hal itu diketahui dari hasil pengukuran yang masih berada di bawah 0,5%.

Adapun standar nilai uji tangen delta adalah :

NILAI UJI TANGEN	STANDAR
< 0,5	Bagus
< 0,5 - < 0,7	Mengalami penurunan
< 0,7 - < 1,0	Investigasi
> 1,0	Buruk

3.2.5 Tegangan Tembus Minyak

Tabel 6. Data Pengujian Tegangan Tembus Minyak

NO	URAIAN KEGIATAN	HASIL PENGUJIAN (kV)					RATA-RATA
		Test suhu :33o	1	2	3	4	
1	Minyak Bawah	79,1	61,6		79,0	68,5	73,7
2	Minyak OLTC	25,0	26,1	27,3	24,7	22,3	25,1

Adapun perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{d} \text{ (KV /mm)} \dots\dots\dots [7]$$

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{d} \text{ (KV /mm)}$$

Keterangan :

Vb = Tegangan tembus

E = Kekuatan dielektrik

d = Jarak sela

Hasil penghitungan kekuatan dielektrik minyak trafo GI Batang pada suhu 33⁰ C adalah:

Minyak Bawah

$$E_{rata-rata} = \frac{73,7}{8,5} \text{ (KV /mm)}$$

$$= 8,6 \text{ kV/mm}$$

Minyak OLTC

$$E_{rata-rata} = \frac{25,1}{2,4} \text{ (KV /mm)}$$

$$= 10,4 \text{ KV/mm}$$

Kekuatan dielektrik minyak berbanding lurus dengan nilai tegangan tembus, sehingga kekuatan dielektrik akan semakin meningkat jika terjadi kenaikan nilai pada tegangan tembus. Standar nilai pengujian tegangan tembus minyak menurut IEC 60156 sebagai berikut:

Tabel 7. Standar Tegangan Tembus

STANDAR	TEGANGAN (kV)		
	70	150	500
BAGUS (kV/mm)	> 40	> 50	> 60
CUKUP (kV/mm)	30 - 40	40 - 50	50 - 60
BURUK (kV/mm)	< 30	< 40	< 50

4. PENUTUP

Berdasarkan pengolahan data mulai dari tabel 1 sampai 7 maka dapat dihasilkan penghitungan pengujian tahanan isolasi pada Gardu Induk 150 KV Batang adalah :

1. Pengujian transformator pada Gardu Induk 150KV Batang menghasilkan bahwa kondisi transformator masih dalam keadaan Baik atau masih layak sehingga belum perlu dilakukan perbaikan.
2. Indeks polarisasi transformator diperoleh angka 1,776 yang berarti trafo masih dalam kondisi Baik
3. Hasil tangen delta setelah dilakukan pengujian diperoleh angka masih di bawah 0,5% yang berarti masih dalam kondisi Bagus.
4. Pada hasil pengujian minyak tranformator memiliki nilai rata – rata 8,6 kV/mm dan minyak OLTC rata – rata 10,4. Itu berarti trafo masih dalam kondisi Baik.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah, kami memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah yang dengan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini

Dalam kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

- Bapak, Ir. Jatmiko. M.T yang telah membimbing dalam menyusun tugas akhir ini hingga selesai.
- Bapak Dwi Kresna, Supervisor Gardu Induk 150 kV Batang yang telah membantu dalam pengambilan data tugas akhir.
- Bapak Trias Purwadi dan Ibu, Sri Supadmi, orang tua kami yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Saudara Slamet Wuryogo dan Umar Abdul Aziz, sahabat yang terus memberi semangat dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir.

- Saudaraku yang mendukung kami dalam menyusun tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A. R. Demmassabu, dkk. (2014). *Analisa kegagalan transformator daya berdasarkan hasil uji DGA dengan metode tdcg, key gas, roger's ratio, duval's triangle pada gardu induk*. ISSN 2301-8402. e-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer.
- Mustafa, Fajli., Muhammad, Ihsan., & Shaga, Saulagara. (2017). *The through fault current effect of 150/20 kV transformer to its insulation resistance and tan delta test in PT. PLN (Persero) TJBB APP Durikosambi*. International Conference on High Voltage Engineering and Power System. 978-1-5386-0945-3/17 IEEE . Bali, Indonesia.
- Persero, PT PLN. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan (CVT)*, Jakarta
- Persero, PT PLN. (2006). *Buku pelatihan o&m Transformator Tenaga*, Semarang. (analisa tahanan isolasi pada transformator tenaga di gardu induk Wonogiri, MUHAMMAD SYAHENDRA ANINDYANTORO, tugas akhir 2017).
- Singh, Shrikant., Ambuj, Kumar., R.K. Jarial., & Sunil, Kumar. (2015). *Dielectric response analysis and diagnosis of oil-filled power transformers*. 978-1-4678-6503-1/15/ IEEE. Shillong, India.